

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号

特表平6-504405

第7部門第2区分

(43) 公表日 平成6年(1994)5月19日

(51) Int. Cl.³

H 0 1 S 3/096

識別記号

序内整理番号

F 1

7131-4M

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 13 頁)

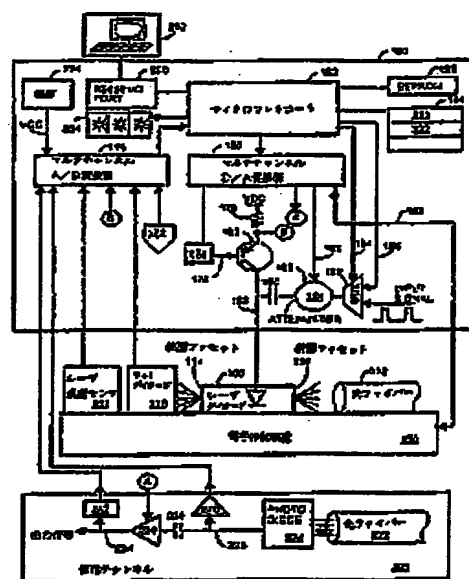
(21) 出願番号 特願平8-514471
 (86) (22) 出願日 平成3年(1991)7月31日
 (85) 翻訳文提出日 平成5年(1993)3月15日
 (86) 国際出願番号 PCT/US91/05302
 (87) 国際公開番号 WO92/05608
 (87) 国際公開日 平成4年(1992)4月2日
 (31) 優先権主張番号 883, 178
 (32) 優先日 1990年9月14日
 (33) 優先権主張国 米国 (US)
 (81) 指定国 EP (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IT, LU, NL, S E), AU, JP, KR

(71) 出願人 フィニザー コーポレーション
 アメリカ合衆国 カリフォルニア州
 94025 メンロ パーク エディソン ウ
 エイ 3515
 (72) 発明者 レヴィンソン フランク エイチ
 アメリカ合衆国 カリフォルニア州
 94061 レッドウッド シティー ノーサ
 ンバーランド アベニュー 317
 (74) 代理人 弁理士 中村 俊 (外6名)

(54) 【発明の名称】 半導体レーザダイオードのバイアス制御方法とコントローラ

(57) 【要約】

レーザダイオードコントローラ(102)がプログラムマイクロコントローラ(162)を使用して、レーザダイオード(100)の動作点を発生選択する工程を正確に制御する。レーザダイオード(100)は光を送信するための前方ファセット(切子面)、及びレーザダイオード光学出力電力をモニターするための後方ファセットを有している。レーザダイオード(100)の後方ファセット(114)が一度調整されると、コントローラはレーザダイオードの動作特性を正確にモニターすることができ、レーザダイオード(100)の電流動作特性に基づいて、最適な動作点電流を選択することができる。レーザダイオード(100)の調整中、コントローラ(102)は駆動電流に対するレーザダイオード光学出力電力の直線性をチェックすることができ、従って、レーザダイオード(100)の欠陥を検出することができる。完全二重光學リンクにおいて、本発明のコントローラ(102)は、リンクの完全性が達成されるまで、レーザダイオードが基準強度一杯で発光することを阻止し、これによって、レーザダイオード



ドからの光が使用者の目に偶発的に損傷を与えることを阻止する。従って、コントローラ(102)は、完全二重リンクを使用して、他の場合では使用されるより低い動作点駆動電流を達成することができ、レーザダイオード(100)の寿命を大幅に引き延ばす。レーザダイオードの動作点特性は、経時変化し、コントローラ(102)がレーザが故障する時を予測することが可能となる。コントローラ(102)は、不揮発性メモリ内のレーザダイオード(100)の動作特性を記録し、これらの特性の変化を解析し、これらの変換が所定の故障予知判断基準と一致する時、故障警報メッセージを発生する。

請求の範囲

1. レーザダイオードのコントローラにおいて、該コントローラがレーザダイオードから放出された光の一部を受信して、この受信した光の光パワーに対応する光パワー測定信号を発生する光パワーセンサと、
 所定されたレベルの駆動電流を上記レーザダイオードに流すために上記レーザダイオードに結合された駆動電流回路と、

上記光パワーセンサと上記駆動電流回路とに結合されて、上記レーザダイオードに印加する上記の所定されたレベルの駆動電流を設定し、上記光パワー測定信号を上記光パワーセンサから受信するデジタルデータプロセッサとを有し、

上記デジタルデータプロセッサが上記駆動電流を一度の値に段階的に設定して、上記のレーザダイオードの動作特性を駆動電流の各々の値ごとに受信した光パワー測定信号に基づいて算出し、上記レーザダイオードの駆動電流レベルを上記の受信した光パワー測定信号に基づいて選択するようにプログラムされている

ことを特徴とするレーザダイオードのコントローラ。

2. 上記レーザダイオードコントローラが

上記デジタルデータプロセッサに結合された不揮発性メモリを有するに於いて、

上記デジタルデータプロセッサが

(A) 上記レーザダイオードの上記の算出された動作特性を表すデータを上記不揮発性メモリに記録し、

(B) 上記駆動電流を一度の値に段階的に設定し、駆動電流の各々の値ごとに、受信した光パワー測定信号に基づいて上記のレーザダイオードの1回の動作特性を算出することにより、上記レーザダイオードの動作特性を定期的に検査し上記の算出された動作特性が上記の不揮発性メモリに記録された上記の動作特性と比較してあらかじめ決定された許容差を越えない場合にはエラー信号を発生する

ことによって上記レーザダイオードの経年変化の検出を行うように、さらにプログラムされている

ことを特徴とする請求範囲1に記載のレーザダイオードコントローラ。

3. 上記デジタルデータプロセッサが、上記レーザダイオードの上記の算出された動作特性をあらかじめ決定された判定基準と比較し、上記の算出された動作特性が上記のあらかじめ決定された判定基準を満たさないときにエラー信号を発生することによって上記レーザダイオードの品質検査を行うように、さらにプログラムされていることを特徴とする請求範囲1に記載のレーザダイオードコントローラ。

4. 上記デジタルデータプロセッサが、上記レーザダイオードの駆動電流がなわら駆動電流を増加したときにそれに対応する受光した光パワーの増加が得られるかどうかの検出検査を上記の受信した光パワー測定信号に基づいて行い、上記レーザダイオードがあらかじめ記憶された検出検査の判定基準を満たさない場合にはエラー信号を発生するようにプログラムされていることを特徴とする請求範囲1に記載のレーザダイオードコントローラ。

5. 上記レーザダイオードコントローラがさらに

第1のレーザダイオードが発出した光を受信するための受信チャンネルを有し、上記第2のレーザダイオードが全デュプレックス光リンクを構成するようになされており、

上記レーザダイオードコントローラがさらに

上記受信チャンネルを上記デジタルデータプロセッサに結合し、上記第2のレーザダイオードの上記の受信した光の強度を光パワーに対応する受信光パワー信号を発生するためのモニタ手段

を有しており、

上記のデジタルデータプロセッサが上記の受信光パワー信号を受信する手段を備えており、該デジタルデータプロセッサが

(A) 上記の受信光パワー信号をあらかじめ記憶された判定基準と比較することにより、上記の第2のレーザダイオードの間に確實に全デュプレックス光リンクが形成されているかどうかを判定し、

(B) 全デュプレックス光リンクが確實に形成されていることが判定される前においては、上記レーザダイオードに対する上記駆動電流レベルは第1のレベ

ルに設定するようにし、

(C) 全デュプレックス光リンクが確實に形成されていることが判定された前においては、上記レーザダイオードに対する上記駆動電流レベルを第2のレベルに設定する

ようにプログラムされており、上記第1の駆動電流レベルにおける場合と比較して上記の第2の駆動電流レベルは上記のレーザダイオードが少なくとも8倍の出力光パワーを発生するようになっていることを特徴とする請求範囲1に記載のレーザダイオードコントローラ。

6. 上記のデジタルデータプロセッサが上記受信光パワー信号をモニタすることによって上記全デュプレックス光リンクの破れを検出を行うようになされており、上記破れが検出された場合には上記駆動電流レベルをリセットして上記第1のレベルに戻すようにプログラムされていることを特徴とする請求範囲5に記載のレーザダイオードコントローラ。

7. 上記のデジタルデータプロセッサが上記受信光パワー信号をあらかじめ定めた大さ以上減少していはいかどうかを検出し、そのような減少が検出された場合には警告信号を発生し、これによって該デジタルデータプロセッサは上記全デュプレックス光リンクを介して伝送されたデータが破損されようとしていることを検出することができるようにプログラムされていることを特徴とする請求範囲5に記載のレーザダイオードコントローラ。

8. 上記駆動電流回路が

エミッタが電源に接続され、ベースが上記デジタルデータプロセッサに接続され、コレクタが上記レーザダイオードに直接に接続されているバイポーラトランジスタと、

上記コレクタに接続されたキャパシタ

とを有し、

上記キャパシタは上記コレクタを入力信号ラインに実質的に結合させ、上記入力信号ラインが上記レーザダイオードによって受信される高周波信号の伝送を行うようになされている

ことを特徴とする請求範囲1に記載のレーザダイオードコントローラ。

6. 上記レーザダイオードコントローラが上記デジタルデータプロセッサに接続された不揮発性メモリをさらに有し、

上記デジタルデータプロセッサが、上記光パワーセンサに対するキャリブレーション係数と、立ち上げ時の値と、上記レーザダイオードの上記の算出された動作特性とを記憶するデータを上記不揮発性メモリに記憶し、上記コントローラの電源を投入される度に上記の記憶されたデータを用いて上記レーザダイオードに対する上記駆動電流レベルの設定を行うようにさらにプログラムされており、

これによって上記コントローラの電源が投入される際に再キャリブレーションを行う必要なしに、また上記コントローラを再立ち上げすることなしに上記レーザダイオードの再起動を行うことが可能となされている

ことを特徴とする請求範囲1に記載のレーザダイオードコントローラ。

10. 多チャンネルレーザダイオード装置が、

複数のレーザダイオードと、

上記レーザダイオードから放射された光の一部を受信し、この受信した光の光パワーに对应する光パワー測定信号を発生するため、上記の各々のレーザダイオードの直前に並びに配置された光パワーセンサと、

設定されたレベルの駆動電流を上記の対応するレーザダイオードにそれぞれ個別に供給するために上記の各々のダイオードに個別に接続された駆動電流回路と、

上記レーザダイオードに供給する上記の指定された駆動電流レベルを決定し、また上記光パワーセンサから上記光パワー測定信号を受信するために、上記のすべての光パワーセンサと上記のすべての駆動電流回路とに接続されている1つのデジタルデータプロセッサ

とを有し、

上記デジタルデータプロセッサが、上記の各々のレーザダイオードに対して上記駆動電流を一定の値に段階的に設定し、駆動電流の各々の値ごとに、受信した光パワー測定信号に基づいて上記の各々のレーザダイオードの動作特性を算出し、上記の各々のレーザダイオードの駆動電流レベルを上記の受信した光パワー測定信号に基づいて選択するようにプログラムされている

ことを特徴とする多チャンネルレーザダイオード装置。

動作特性とを記憶するデータを上記不揮発性メモリに記憶し、

(B) 上記コントローラの電源が投入される際に、上記の記憶されたデータを用いて上記レーザダイオードに対する上記駆動電流レベルの設定を行う

ようにさらにプログラムされており、

これによって上記コントローラの電源が投入される際に再キャリブレーションを行う必要なしに、また上記コントローラを再立ち上げすることなしに上記レーザダイオードの再起動を行うことが可能となされている

ことを特徴とする請求範囲10に記載の多チャンネルレーザダイオード装置。

14. 前面ファセットと背面ファセットとを有するレーザダイオードのためのコントローラにおいて、該コントローラが

レーザダイオードの前面ファセットから放射された光の一部を受信して、この受信した光の光パワーに对应する光パワー測定信号を発生する背面ファセットフォトダイオードと、

指定されたレベルの駆動電流を上記レーザダイオードに供給すると共に上記レーザダイオードに結合された駆動電流回路と、

上記背面ファセットフォトダイオードと上記駆動電流回路とに結合されて、上記レーザダイオードに供給すべき上記の指定されたレベルの駆動電流を決定し、上記光パワー測定信号を上記背面ファセットフォトダイオードから受信するデジタルデータプロセッサ

とを有し、

上記デジタルデータプロセッサが上記駆動電流を一定の値に段階的に設定して、上記のレーザダイオードの動作特性を駆動電流の各々の値ごとに受信した光パワー測定信号に基づいて算出し、上記レーザダイオードの駆動電流レベルを上記の算出した光パワー測定信号に基づいて選択するようにプログラムされている

ことを特徴とするレーザダイオードのコントローラ。

15. 駆動電流をレーザダイオードに供給して光を発生させるステップと、

上記の発生された光の光パワーを測定するステップと、

デジタルデータプロセッサを準備し該デジタルデータプロセッサの制御の下に、自動的に上記駆動電流を一定の値に段階的に設定し、各駆動電流の値に対

11. 上記の各々の駆動電流回路が

エリクソン電圧に接続され、ベースが上記デジタルデータプロセッサに接続され、コレクタが上記レーザダイオードに個別に接続されているハイボートラップ構造と、

上記コレクタに接続されたキャパシタ

とを有し、

上記キャパシタは上記コレクタを入力信号ラインに電気的に結合させて、上記入力信号ラインが上記レーザダイオードによって発生される高周波信号の伝送を行うようになされている

ことを特徴とする請求範囲10に記載の多チャンネルレーザダイオード装置。

12. 上記多チャンネルレーザダイオード装置が

上記デジタルデータプロセッサに結合された不揮発性メモリをさらに有しており、

上記デジタルデータプロセッサが

(A) 上記レーザダイオードの上記の算出された動作特性を記憶するデータを上記不揮発性メモリに記憶し、

(B) 上記駆動電流を一定の値に段階的に設定し、駆動電流の各々の値ごとに受信した光パワー測定信号に基づいて上記レーザダイオードの1個の動作特性を算出することにより、上記レーザダイオードの動作特性を段階的に決定し、上記の算出された動作特性が上記の不揮発性メモリに記憶された上記の動作特性と比較してあらかじめ定められた判定基準を満たさない場合にはエラー信号を発生することによって上記の各々のレーザダイオードの過熱防止の検出を行うように、さらにプログラムされている

ことを特徴とする請求範囲10に記載の多チャンネルレーザダイオード装置。

13. 上記多チャンネルレーザダイオード装置が上記デジタルデータプロセッサに接続された不揮発性メモリをさらに有し、

上記デジタルデータプロセッサが、

(A) 上記各々の光パワーセンサに対するキャリブレーション係数と、上記レーザダイオードの立ち上げ時の値と、上記レーザダイオードの上記の算出された

する上記光パワーの測定値とを記憶し、各駆動電流の値に対して受信された上記の光パワー測定値に基づいて上記レーザダイオードの動作特性を算出し、上記の受信された光パワー測定信号に基づいて上記レーザダイオードに対する駆動電流を決定するステップ

とから成ることを特徴とするレーザダイオードの制御方法。

16. 上記レーザダイオードの上記の算出された動作特性を記憶するデータを不揮発性メモリに記憶するステップと、

上記駆動電流を一定の値に段階的に設定し、各駆動電流の値に対して上記の光パワー測定値を受信し、各駆動電流の値に対して受信された上記の光パワー測定値に基づいて上記レーザダイオードの動作特性を算出し、上記の算出された動作特性が上記の不揮発性メモリに記憶された上記の動作特性と比較してあらかじめ定められた判定基準を満たさない場合にはエラー信号を発生することによって段階的に上記レーザダイオードの動作特性を決定するステップ

とをさらに有することを特徴とする請求範囲15に記載のレーザダイオードの制御方法。

17. 上記の算出された動作特性を、あらかじめ定められた判定基準と比較するステップと、

上記の算出された動作特性があらかじめ定められた判定基準を満たさない場合にはエラー信号を発生するステップ

とをさらに有することを特徴とする請求範囲15に記載のレーザダイオードの制御方法。

18. 上記レーザダイオードの動作特性を算出する駆動電流を増加したときにそれに対応する光パワーの増加が得られるかどうかの検出結果を上記の受信された光パワー測定信号に基づいて行い、上記レーザダイオードがあらかじめ定められた検出基準を満たさない場合にはエラー信号を発生するステップをさらに有することを特徴とする請求範囲15に記載のレーザダイオードの制御方法。

19. 第1のレーザダイオードが発生した光を受信するための受信チャンネルを準備し、上記2つのレーザダイオードが全デュプレックス光リンクを構成するようにするステップと、

上記第2のレーザダイオードが発した光の受光光についての直達光パワーを測定するステップと、

上記のデジタルデータプロセッサの制御の下に上記第2のレーザダイオードについての直達光パワー測定値を算出し、上記の直達光パワー測定値をあらかじめ記憶された判定基準と比較することにより、上記の2つのレーザダイオードの間に設置したデュプレックス光リンクが確保されているかどうかを判定し、全デュプレックス光リンクが確保に構成されていることが判定される際においては上記レーザダイオードに対する上記駆動電流レベルを第1のレベルに設定するようにし、全デュプレックス光リンクが確保に構成されていることが判定された際においては上記レーザダイオードに対する上記駆動電流レベルを上記第1の駆動電流レベルにおける割合と比較して上記のレーザダイオードが少なくとも2倍の発光光パワーを発生する第2のレベルに設定するステップ

をさらに有することを特徴とする請求範囲15に記載のレーザダイオードの制御方法。

20. 上記直達光パワー測定値をモニタすることによって上記全デュプレックス光リンクの確保を検出し、上記確保が検出された場合には上記駆動電流レベルをリセットして上記第1のレベルに戻すステップをさらに有することを特徴とする請求範囲15に記載のレーザダイオードの制御方法。

21. 上記直達光パワー測定値があらかじめ定められた大きさ以上に減少していないかどうかを検出し、そのような減少が検出された場合には警告信号を発生し、これによって上記全デュプレックス光リンクを介して伝送されたデータが途絶されようとしていることを検出するステップをさらに有することを特徴とする請求範囲15に記載のレーザダイオードの制御方法。

22. 上記の駆動電流を供給するステップが

エレクトロニクスが電源に接続され、ベースが上記デジタルデータプロセッサに接続され、コレクタが上記レーザダイオードに直結に接続されているバイポーラトランジスタを準備するステップと、

上記コレクタに接続されたキャパシタを準備し、該キャパシタによって上記コレクタを人力電圧ラインに交流的に結合させて、上記入力電圧ラインが上記レー

ザダイオードによって送信される高周波信号の伝送を行うようにするステップとを含むことを特徴とする請求範囲15に記載のレーザダイオードの制御方法。

23. 上記レーザダイオードの上記の算出された動作特性と、上記の発光光パワー測定を行うためのキャリブレーション係数と、上記レーザダイオードの立ち上がり時の値とを駆動データを不揮発性メモリに記憶するステップと、

上記コントローラの電圧が投入される度に、上記不揮発性メモリに記憶された上記データを引用して、上記レーザダイオードに対する上記駆動電流レベルの設定を行うステップ

とをさらに有することを特徴とする請求範囲15に記載のレーザダイオードの制御方法。

24. 複数の駆動電流を複数のレーザダイオードの各々に供給して光を発生させるステップと、

上記の各々のレーザダイオードから発生された光の光パワーを測定するステップと、

1つのデジタルデータプロセッサを準備し、1つのデジタルデータプロセッサの制御の下に、自動的に上記駆動電流を一連の値に段階的に設定し、各駆動電流の値に対して上記各々のレーザダイオードが発生する光の光パワーを測定し、各駆動電流の値に対して測定された上記の光パワーの値に基づいて上記レーザダイオードの各々についての動作特性を算出し、上記の光パワー測定値に基づいて上記レーザダイオードの各々に対する駆動電流レベルを設定するステップを含むことを特徴とする複数のレーザダイオードの制御方法。

25. 上記デジタルデータプロセッサに接続された不揮発性メモリを準備するステップと、

上記デジタルデータプロセッサの制御の下に、(A) 上記レーザダイオードについての上記算出された動作特性を駆動データを上記不揮発性メモリに記憶し、(B) 上記駆動電流を一連の値に段階的に設定し、各駆動電流の値に対して測定された光パワーの値に基づいて上記レーザダイオードの1連の動作特性を算出し、上記の算出された一連の動作特性が上記不揮発性メモリに記憶された上記の動作

明 細 書

半導体レーザダイオードのバイアス制御方法とコントローラ

本発明は一般的に半導体レーザダイオードに関し、さらに具体的にはレーザダイオードにバイアスを施し駆動するための制御方法とコントローラに関するものである。

図1において、100はレーザダイオード、102は従来の技術によるアナログレーザダイオードコントローラである。レーザダイオード100は前方ファセット110を有しており、そこからコヒーレント光が放射され、この放射された光は通常は光ファイバー112などの光学部品に伝送される。また114は後方ファセットである。後方ファセット114から放射された光はフォトダイオード116によって受光され、レーザダイオード100から放射された光パワーの大きさを電的にモニタされる。一般に前方ファセット110から放出された光パワーの大きさは後方ファセット114から放出される光パワーの大きさを直接的に比較関係がある。

$\text{パワー}(\text{前方ファセット})/\text{パワー}(\text{後方ファセット})/K$

多くの場合、Kは1に近い値、フォトダイオード116が後方ファセットから放射を受け取るパワーはパッケージごとにより異なる異なる値となる。従って、それぞれのレーザダイオードごとに値々に校正を行う必要がある。

通常はレーザダイオード100、後方ファセットフォトダイオード116、および出力光ファイバー112（または出力光ファイバーを保持するための機構）は共通の筐体あるいはハウジング118に一緒に取り付けられる。場合によっては、レーザダイオード100を指定された温度に維持するためにハウジング118に固体電子冷却装置を備えるようにすることもある。

図2に示されているように、レーザダイオードの発光光パワーはレーザダイオードの駆動電流に対して非線形な関数となっている。具体的には、電圧バイアス電流を半導体レーザに流すとき、最初の低電流領域においては発光ダイオード(LED)に類似の発光特性を示す。このときに発光される光は自発放射光として知られている構造のものであり、光はレーザダイオード共振腔の一端からランダムに放出される。このような光放出の型は通常LEDモードと呼ば

特性と比較してあらかじめ記憶された判定基準を満たさない場合にはエラー信号を発生することによって自動的に上記レーザダイオードの動作性を検査することによって上記レーザダイオードの経年劣化を検出するステップ

とをさらに有することを特徴とする請求範囲24に記載の複数のレーザダイオードの制御方法。

れている。

駆動電流が大きい電流と呼ばれるある値に達すると、レーザダイオードの電流が先に駆動される駆動電流は自動的に増加する。この駆動電流を増加してレーザダイオードはLEDモード動作からレーザモード動作に移る。

通常に大抵に言えはいろいろな種類のレーザダイオードのしきい電流は、同じ程度の値の範囲内にあるといえるが、同じ型のレーザダイオードであっても、そのしきい電流はレーザダイオードごとに違った値を有しており、また温度によって変化する。またしきい電流は使用しているうちに次第に低下する。例えば、あるレーザダイオードのしきい電流は温度によってもりあるいはそれ以上に変わる。レーザダイオードはこのように温度に対して敏感であるために、ある駆動電流が与えられたとき、ある温度においては所望のレベル以上の動作を行わぬもの、別の温度ではレーザ動作をえしなくなってしまう。

レーザダイオードがレーザモードで動作しているときすなわちしきい電流以上の駆動電流で動作しているとき、レーザダイオードの効率を示す部分特性能を定義することができる。さらに具体的に言えばレーザダイオードの部分効率は、レーザダイオードがレーザモードで動作しているとき、レーザの出力パワーの増加分の駆動電流増加分に対する比に等しい。部分効率はレーザダイオードごとに違った値を有し、また温度とともに変化する。また、経時変化を示す。

レーザダイオードの「動作点」すなわちバイアス電流 I_b はレーザダイオードを使用するユーザによって、レーザ動作をする電流範囲内でも入力信号で電流を変動したときにもレーザモードを維持できる値に設定される。従って、もし入力信号の最大電流が動作点よりも I_b が低い点まで及ぶものとするとき、動作点 I_b より I_b よりも大きくなければならぬ。さらに、動作点は、発光フォトダイオードが駆動された光を受光するのに十分なだけ大きな値に設定されなければならぬ。かつ、動作点はレーザダイオードが破壊してしまうほど高く設定されてはならない。

図1に示す、従来技術によるダイオードコントローラ11は通常はポテンシオメータ12あるいはその他の類似の回路に結合されたアナログフィードバックループ13を有しており、これによってマニュアルでレーザの動作点の調

節を行う。通常、ユーザはレーザダイオードコントローラの電流を投入する前にフィードバックループ13の利得をあらかじめ設定しておき、発出力パワーが所望の値に達するまでマニュアルで利得を増加していく。発出力パワーは通常は前方ファセットに発ファイバー11で結合されたもう一つのフォトダイオードを用いて測定されるか、あるいはこれと類似のやり方で行われる(図示せず)。レーザダイオードコントローラ10のキャリブレーションがポテンシオメータ12を用いて行われた後に、伝送すべき信号がキャパシタ14を介してレーザダイオードの動作電流 I_a に対して変位され、かくしてレーザダイオード11の出力パワーが制御される。

場合によって、アナログコントローラは多数のポテンシオメータを用いてしきい電流、動作バイアス電流、後方ファセットフォトダイオードフィードバック利得を別個に設定するようになされるが、このような構成はアナログコントローラの構造を複雑にし、また高価なものになってしまう。

一般にどのようなレーザダイオードであっても、もし発出力パワーがある一定の限界を超えると破壊する。レーザモードで動作しているレーザダイオードの発出力は非常に高い頻度特性を有しているため、一般に動作点の設置している系中にレーザダイオードは極めて簡単に破壊してしまう。従って、例えば電機会社が電報信号を発ファイバーを用いて伝送するためのレーザダイオードやケーブルテレビジョンなどで用いられるレーザダイオードなどの装置に高価な多数のレーザダイオードがキャリブレーションの途中に破壊してしまっている。このような破壊はキャリブレーション用のポテンシオメータを強く押し過ぎたり、あるいはキャリブレーションを行う際の前面ファセットの出力をモニタする位置の問題によってレーザダイオードに与えられるパワーが大きくなりすぎたか、あるいはその他のいろいろな事故によって起こる。

一般にレーザダイオードのキャリブレーションを行う作業は時間がかかり高価なものであり、また、レーザダイオードは作業者のいろいろな誤った処理にさらされる。

他の従来技術のレーザダイオードコントローラにおける重要な問題は、デバイスが破壊に故障する前に、コントローラがその故障をあらかじめ予知することが

できないということである。多くの半導体レーザダイオードが極めて重要な通信システムに用いられており、もしそのようなレーザが故障すると通信システム全体が壊滅してしまう。もし、レーザダイオードの寿命を正確に予知することできれば、寿命によって装置の故障が発生する前にレーザダイオードを交換する予防保守プログラムを構築することができ、システムの故障を避けることが可能となる。現在のところ、そのようなレーザダイオードの交換は、実際にまだ使用可能かどうかにかかわらず、単に一定の使用時間に基づいて行われているに過ぎない。

発明の要約

本発明によるレーザダイオードコントローラは、プログラムされたデジタルコントローラを用いてレーザダイオードの動作特性を正確に測定し、また温度調節プロセスの制御とレーザダイオードの動作パラメータの設定を行う。レーザダイオードの前面ファセットから放出された光は伝送するための光として用いられ、一方レーザダイオードの後面ファセットからの光はレーザダイオードが生成する発出力パワーのモニタのために用いられる。いったん、レーザダイオードの後面ファセットフォトダイオードのキャリブレーションが完了すると、コントローラは正確にレーザダイオードの動作特性のモニタを行って現在の動作特性に基づいて最適な動作点電流を設定することができる。

レーザダイオードのキャリブレーションにおいて、コントローラはレーザダイオードの発出力パワーの検出器を駆動電流の関数としてチェックし、これによってレーザダイオードの欠陥を検出することができる。また、特定のトランジスタ駆動電流と交流信号との接続構成を高周波雑音を低減するために用いる。

金デュープレックス光リンクの光リンクの初期に本発明によるデジタルコントローラを挿入し、リンクが完全に結合されてから後にレーザダイオードの発出力を通常の動作電流まで増加させるようになっている。リンクの結合が完全な状態となつてから後も、コントローラはリンクの状態が完全かどうかをモニタし続け、もしリンクが切断された場合にはレーザダイオードの出力パワーを低減する。従って、このコントローラを用いると、ユーザがうっかりレーザダイオードを目を損傷してしまうことを防止できる。さらに、コントローラは金デュープレックス

リンクを用いることによって、低い動作点駆動電流を設定し、レーザダイオードの寿命を著しく長くすることができる。

レーザダイオードの動作特性はデバイスを使用していく間に変化している状態に寿命が尽きるので、この変化をコントローラが検出することによってレーザダイオードがいつ故障するかを予知することができる。本発明によるコントローラはレーザダイオードの動作特性を不揮発性メモリに格納してこれらの特性変化を分析し、もしこの変化量があるしきい値に達したとき予知判定基準と一致すると故障警告メッセージを発生する。

図面の簡単な説明

本発明のその他の目的および特徴は以下の詳細な説明および添付の請求範囲と以下の図面を参照することにより容易に理解できるであろう。

図1は従来技術によるレーザダイオードおよびコントローラのブロック図である。

図2Aは従来技術のレーザダイオードに適用した従来技術の高周波チェック回路を示している。

図3はレーザダイオードの駆動電流と動作出力パワーとの関係を示したグラフである。

図4は本発明によるレーザダイオードコントローラのブロック図である。

図5はレーザ後面ファセットフォトダイオードのキャリブレーションを行う際に、光検出器をレーザダイオードとコントローラへどのように接続するかを示した図である。

図6は金デュープレックス光リンクを示すブロック図である。

図7はレーザダイオードの特性の典型的な経時変化の例を示したグラフである。

図8はレーザダイオードコントローラの詳細な実施例における、不揮発性メモリに格納されるデータの例を示した図である。

図9および図10は本発明によるレーザダイオードのキャリブレーションおよび立ち上げの方法を示したフローチャートである。

図11は金デュープレックス光リンクのレーザダイオードの立ち上げ方法を

示したフローチャートである。

図11は前述の構成によるレーザダイオードコントローラのユーザインターフェース表示画面を示したものである。

図12は本発明によるマルチチャンネルレーザダイオードコントローラを示したブロック図である。

最も重要な特徴の説明

図3は電子冷却装置150の上に取り付けられたレーザダイオード100およびフォトダイオード110を示したものである。電子冷却装置150は、一定の温度で、すなわち温度制御された環境においてレーザダイオード100を動作させるようにするものである。さらに温度センサ180（例えば熱電対）がレーザダイオード100の近く、あるいは隣接して配置されており、これによってレーザダイオードの温度の測定を行うようになっている。

レーザダイオード100の動作はデジタルコントローラ180によって制御される。デジタルコントローラ180の中心部品は例えば68HC11あるいは68HC06（両方ともモトローラ製品である）などのマイクロコントローラ182である。パワー投入シーケンス制御プログラム380や運転動作時のデータモニタ・制御プログラム390などの、マイクロコントローラ182のためのソフトウェアはリードオンリメモリ（ROM）または（除去可能な）電氣的プログラマブルリードオンリメモリ（EPROM）184に格納されている。レーザダイオード100のデバイス特性はコントローラ180によって設定されたEPROMなどの不揮発性メモリ186に格納されるが、これについては後述にさらに詳細に説明を行う。

マイクロコントローラはマルチチャンネルアナログ/デジタル（A/D）変換器170を用いて、レーザ温度センサ182、後面ファセットフォトダイオード110、温度感度センサ172から生成される出力信号のモニタを行う。マイクロコントローラ180は温度感度センサ172のモニタを行い、温度感度が過大になったときにはレーザダイオード100のパワーを切断するようにになっている。温度感度がある一定値以上より高くなると、通常は、電子冷却装置150はレーザダイオード100の温度を十分に低い温度に維持し続けることができる。

オードの駆動電流が変動することによって生じる電流のゆらぎ効果を排除するために、マイクロコントローラ182はレーザダイオードの平均動作電流の測定を行う。

多くのレーザダイオードの製造業者およびリンク設計者はレーザダイオードへの交流信号の供給を図1に示されているように、駆動トランジスタ102のベースを介して行うか、あるいはあるいは図1Aに示したような高周波チョーク回路を用いて行うことの利点を認識するに当たっている。ある製造業者は図1Aに示したような高周波チョークをハイブリッドレーザダイオードパッケージ内に設置することにより、交流信号駆動ラインのキャパシタンスを低減させて高周波の結合による問題（例えば信号の歪みなど）を低減させている。

トランジスタ102のコレクタをレーザダイオードの高インピーダンス駆動電圧として用いることの利点は非常に大きい。こうすると、高周波チョークは不要である。通常には、ハイブリッドトランジスタ102は通常「高周波トランジスタ」として知られている。コレクタインピーダンスが低く、また低電圧で交流信号の高周波帯域の伝達効率が高くなるようなトランジスタが用いられる。このような高周波帯域伝達効率を用いると高周波チョーク回路構成を用いた市販の最適性能のリンクよりもさらにかなり良好な伝達特性が得られるものと信じられる。

「高周波」トランジスタ102は小さなキャパシタンスを有するばかりでなく、非常に高速な応答をするので、RCフィルタ176を省略して駆動スベイクからレーザダイオード100を駆動することが非常に重要である。一般に、レーザダイオードは駆動スベイクを受けると寿命が著しく短くなることが知られている。仮にさらに詳細に説明するように全デュプレックスリンク構成においてはRCフィルタ176は、そのRC時間定数をおよそ0.01秒となるように選んでおり、これによってリンクの伝達帯域レベルが40MHzのレーザダイオードコントローラの周波数帯域を伝達することができる程度となるようにしている。

電子的に調整可能な（すなわち可変な）先アテクター184によってレーザダイオード100によって発生する光の強度を調整する入力信号の増幅率あるいは減衰率の制御が行われる。このように、ライン185のD/A変換器180からの制御信号は本質的に自動利得制御信号となっている。生成された入力信号はレーザダイ

オードの駆動電流が変動することによって生じる電流のゆらぎ効果を排除するために、マイクロコントローラ182はレーザダイオードの平均動作電流の測定を行う。

また、マルチチャンネルA/D変換器170はコントローラの電源174の安定性のモニタを行うのにも使用することができ、レーザダイオード100が特定の電圧範囲にあるかその他の電圧範囲にある電圧的な変動を受けやすい。従って、1つの特定の電圧範囲においてはデジタルコントローラ180はレーザダイオード100を立ち上げる前に、電源174の安定性を測定し、立ち上げ後も電源のモニタを続けて行うようにプログラムされている。

マルチチャンネルデジタル/アナログ（A/D）変換器180は、（1）レーザダイオード100のバイアス電流を設定するため、（2）入力信号アテクター184の利得を制御するため、（3）電子冷却装置150を制御するために用いられる。具体的には、マイクロコントローラ182はレーザダイオードのバイアス電流のデジタル設定値を生成し、D/A変換器180によって、この値がアナログ電圧信号に変換される。この変換されたアナログ電圧信号はさらに低い特定値（用いられる例によらず、1から0.5秒程度）を有するRCフィルタ178によって低周波信号成分だけを通過させて取り出し、このフィルタを通過した信号がライン178を介してPDPトランジスタ182のベースを駆動する。このトランジスタ182はさらにレーザダイオード100を駆動する。

コントローラ180はレーザダイオード100を駆動する電流を、高周波駆動178に生じる電圧降下をモニタすることによって測定する。このとき、具体的には電源174から供給される電圧 V_{cc} とトランジスタ182のエミッタのノード電圧 V_e とを測定する。図8に示されているように、これらの電圧は両方ともA/D変換器170を介してマイクロコントローラ182によって読み取られる。次にオームの法則を用いてレーザダイオードの電流が算出される。すなわち、電圧降下の電圧降下をその抵抗の抵抗値で割った値に等しいことを用いて計算される。この算出された値からさらにベース電流の値を算出する。このベース電流の値はエミッタ電流の1/βとなることが知られており、これは非常に小さなものであるために、この補正は通常は行わなくともよい。また、送信信号によってレーザダイ

オードの駆動ライン188にキャパシタンス190を介して交流的に結合される。入力信号の高周波デジタルあるいはアナログ信号は通常は外部で生成されてレーザダイオードコントローラ180に印加される。

しかしながら、本発明の1つの実施例においてはマルチプレクサ192が人力信号源に接続されており、マイクロコントローラ182からのデータを多重化を介して伝送することが可能となるようにになっている。この目的のために、マイクロコントローラ182は人力信号源信号をライン194を介してマルチプレクサ192に送ってその制御を行う一方で、伝送すべきデータをライン196を介してマルチプレクサの人力ポートの1つに送る。このような構成は本発明におけるある実施例において、対称デュプレックスリンクコントローラによって、光リンクを介して情報を伝送するために用いられる光のパワーを可能な限り小さくするために用いられている。これについては後述により詳細に説明する。

電子冷却装置150の冷却装置は冷却装置150を駆動する電流に依存する。この冷却装置を駆動する電流の制御は、マイクロコントローラ182からデジタル制御信号をD/A変換器180に送り、さらにD/A変換器180はこの制御信号をアナログ信号に変換してライン188を介して冷却装置150に送ることによって行われる。

また、固体電子冷却装置（TEC）150の制御は、レーザダイオードのハウジング（図示せず）の中に配置されたサーミスタ152またはその他の温度検出装置からのフィードバック信号を用いてコントローラユニットによって行われる。レーザダイオードの寿命が尽きるまでの間、レーザダイオードをある特定の温度に保持し続けるようにコントローラの設定はなされる。

アナログコントローラを用いた場合には、一般には動作温度を決定するのは困難である。さらに、アナログコントローラは、温度をある程度維持することができるような条件下となった場合でさえも、なお設定された温度を維持しようとして過大な電流を行いTEC150を過熱させてしまうことが知られている。

本発明によるデジタルコントローラは従来の技術の環境に関するこのような問題を次のように解決している。すなわち（1）TECの動作が過熱限度を許すように、また全体を過熱して冷却し続けることよりも、安定化を行うようにレーザダイ

イオードの動作温度を決定する。(2) ソフトウェアによって、レーザダイオードの通常の動作と、パワー前導モード動作（すなわち、レーザダイオードをより低い出力パワーで動作させる）との温度境界を設定し、動作条件が通常の動作の温度範囲から逸脱してしまったときには、パワー前導モードで動作させ、レーザの劣化したリソースが減少してしまうのを防ぐ。さらにTBCの温度範囲が、あらかじめ決められたTBCが動作を越えない最大温度以内に制限されてTBCが破損しないようになっている。

ASCI1 端末あるいはデスクトップコンピュータ202などの外部デバイスへマイクロコントローラ102を接続するために、RS232C入出力ポート200が備えられている。コンピュータ202はEPRROM106に保存されているデータを読み取り、レーザダイオードの駆動電流値、駆動出力パワーなどのパラメータをマイクロコントローラ102に設定することができる。また、RS232Cポート200は後面ファセットフォトダイオード116の初期キャリブレーションを行う際に用いられる。これについては後述に詳細に説明を行う。

デジタルコントローラはしばしば、ある種のホストコンピュータの光ファイバデータリンクを駆動するために用いられる。このような場合には、リンクはホストコンピュータのサブシステムと考えることができる。また、RS232Cポートはホストコンピュータシステムがデータリンクサブシステムと通信を行うのに用いられることができる。リンクの状態、レーザダイオードの経年劣化などの情報はホストコンピュータシステムに対して送付されているモニタソフトウェアメニューに集められる。また、ホストコンピュータはリンクに対してセルフテスト、自動制御動作などの各種の機能の操作をするように指示することもできる。

フロントパネルのLEDの組204がマイクロコントローラ102に接続されており、コンピュータ202をマイクロコントローラの通信ポート200に接続しなくとも、これらのLEDによってレーザダイオード100の状態がわかるようになっている。具体的に、緑のLEDは正常の動作状態を示し、また黄色のLEDはマイクロコントローラ102がレーザダイオードの立ち上げ処理を行っている最中であることを、また赤のLEDはレーザダイオードが故障したか、あるいは交

換する必要のある状態となっていることを示す。

受信チャンネル

本発明の1つの好適な実施例は金デュプレックス光チャンネルへのコントローラの適用である。この場合にはコントローラ102は次に説明する受信チャンネル208にも接続される。しかしながら、本発明の多くの特徴は1方向レーザチャンネルに対しても適用できるものである。

受信チャンネル208は標準的な通信の光ファイバを用いて人力またはリンク212を有している。光リンク212によって伝送されてきた光はフォトダイオード214によって電気信号に変換される。この電気信号は減衰された信号は直交成分と交差成分の両方を含んでおり、ライン218に送られる。受信信号の中の交差成分はキャパシタ230によって直交成分から分離され、さらに可変増幅器232によって増幅されてから、その後のような信号処理が必要であるにしろ、ライン218を介してコントローラ102の外部デバイスへ伝送される。

受信信号増幅器232の利得はマイクロプロセッサ102によってD/A変換器104を介して制御される。具体的には受信信号増幅器232の利得はマイクロプロセッサ102にあるべき定数・設定されたデジタル最大値に対応した公称増幅電圧値に設定される。その後、もし受信信号の交差成分（後に説明するピークディテクタ234で測定される）が正常値より小さいことが判明したときには増幅電圧の利得が増大され、また受信した信号が正常値よりも大きいときには利得は減少される。

受信した受信信号の直交成分は減衰増幅器240を用いてモニタされる。こうして、ライン220の直交信号レベルが検定される。この検定された値はマイクロコントローラ226へA/D変換器170を介して送られる。ライン226の交差出力信号の大きさはピークディテクタ242を用いてモニタされ、交差信号の大きさが検定される。

レーザダイオードの自動立ち上げおよび後面ファセットフォトダイオードの初期キャリブレーション

図3、4、5に照らして、レーザダイオードコントローラの電源を投入してレ

ーザダイオードを立ち上げる際に考慮すべき物理的状況がある。

第1の考慮すべき状況は図3に示されているように、レーザダイオード100がその出力を送り出すとしている出力光についての情報がないということである。従って、後面ファセットフォトダイオード116からのフィードバックがあるのみで、それ以外にはレーザダイオード100の動作をフィードバックするものがない。このような状況においては、コントローラの制御ソフトウェアは後面ファセットフォトダイオードの特性と、そのレーザダイオードとの結合特性がどのようなものであるかを先験的に知っている必要がある。

第2の考慮すべき状況は、図4に示されているように、コントローラ102およびレーザダイオード100を初めて電源投入しようとする際にかかる問題である。この状況下では、光強度計250が、通常、光ファイバ112を介してレーザダイオードの前面ファセットに結合されている。レーザダイオードのキャリブレーションを行う際、光強度計はレーザダイオード100の出力に結合されているとともに、コンピュータワークステーション202にも結合されている。コンピュータ202はさらにコントローラの通信ポート200に結合されている。

前述の状況においては、光強度計250でレーザダイオード100の光出力をモニタしながら、光出力パワーを指定されたレベルに達するまで上昇させる。前述には、このレベルは100である。光出力パワーの測定値がこのレベルに達すると光強度計から信号がコンピュータ202へ送られる。するとコンピュータ202は対応するノイズをコントローラのマイクロコントローラに通信ポート200を介して送る。こうして、コントローラ102は前面ファセットからの光出力パワーがあらかじめ決定された一定レベルになったときに、後面ファセットフォトダイオードの読みかたのようになるかを求める。

後面ファセットと前面ファセットの光出力パワーの比は個々のレーザダイオードごとに異なっている。しかしながら、この比は1つの特定のレーザダイオードに対しては定数となるので、レーザダイオードの後面ファセットフォトダイオードのただ1点の測定を行うのみで、レーザダイオードのすべての線形特性の応答を求めることができる。測定されたキャリブレーションの値、すなわち前面ファセットからの光出力パワーが100となったときの後面ファセットフォトダイ

オードの対する測定値はコントローラの不揮発性メモリ106に記憶される。この測定値を基にして、コントローラはフォトダイオードの前面ファセットからの光出力パワーを以下のように求めることができる。

パワー（前方ファセット）= パワー（後方ファセット）/ K

ただし、パワー（前方ファセット）の単位はmWであり、またパワー（後方ファセット）はフォトダイオード116を覆える電流の値をA/D変換器170によってデジタル値に変換した値であり、Kは不揮発性メモリ106に記憶されたレーザダイオードの後面ファセットに対するキャリブレーション値である。

レーザダイオードパッケージによってはレーザダイオードの光出力に対して後面ファセットフォトダイオードが物理的な応答を示さないものもある。この場合にはコントローラはフォトダイオードの測定値とレーザダイオードの出力パワーとの関係を示すために経験的な平均方程式、例えば2次あるいは3次多項式を用いてプログラムされる。このような方程式の係数を決定するには後面ファセットフォトダイオードの測定値と前面光出力パワーとの間の関係は、与えられる動作範囲にわたる数値（通常は1点から12点）についてキャリブレーションを行うことが必要である。

第3の考慮すべき状況は図5に示されているように、2つの互いに接続されたレーザダイオード200、210を有する金デュプレックス光リンクに関するものである。すなわち、各々のレーザダイオードはそれぞれのデジタルコントローラ202、212を有しており、レーザダイオードのそれぞれの光出力ポート204、214は他方のレーザダイオードの受信ポート206、216に光ファイバ208、218を介して結合されている。

これらの8つの状態の各々に対する制御動作についての説明を図8、9、10に示したフローチャートで参照しながら以下に行う。

レーザダイオードの重要な特徴は、たとえばデバイスに最大電流を流したり、あるいは最大電圧にさらしたりしなくとも、デバイスの特性が使用している間に時間とともに劣化している、結局最後には故障してしまうということである。図6はレーザダイオードの典型的な線形劣化に対処するための示したものである。すなわち、動作条件を一定として駆動電流の測定値を時間的変数として示したもの

である。図からわかるように、一定のレベル（例えば10V）の光出力パワーを発生するために必要な駆動電流は、レーザダイオードを使用した時間が増えるにつれて増大する。通常は、最初の1000時間のレーザダイオードの動作範囲においては、必要駆動電流の増加は非常にわずかである。また、数万時間の動作まででは許容範囲内の増加が見られるに過ぎない。一方、故障領域においては必要駆動電流は急激な増加を示す。

規定データは図7に示されているようにコントローラ100の不揮発性メモリ108に保存され、これによってレーザダイオードコントローラの作動範囲表において、レーザダイオードがいつ故障するかを予測し、デバイスが故障に陥る前にマイクロコンピュータに対してレーザダイオードを交換する必要があることの警告を発生することができる。具体的にはあらかじめ記憶されたレベルの光出力パワーを発生するのに必要な駆動電流がデバイスが新しい最初のときに必要とした駆動電流のレベルよりも、比較する規定範囲の偏差率に関する値を行って次の値に達している、あらかじめ記憶された割合（例えば10%）以上に増大したとコントローラが判断したときには、デバイスの故障が差し迫っており、コントローラ102は警告メッセージを発生する。

図7に示されているように、不揮発性メモリのメモリロケーションはマイクロコントローラ102によって生成され、レーザダイオード3の後面ファセットキャリブレーション係数（スロット330）、レーザダイオードを最初に電源投入した時のレーザダイオードのデバイス特性規定値（スロット332）、動作時間がそれぞれ10、100、1000、10000時間経過したときのデバイス特性規定値（スロット334、338、388、440）、レーザダイオードの動作時間数（スロット344）を記憶するのに用いられる。さらに、レーザダイオードを動作させている間、デバイス特性の測定がコントローラによって周期的に（例えば動作時間10時間ごと1回）行われ、このデバイス特性の最新の測定値は不揮発性メモリ108のスロット348に保存される。デバイス特性の測定値はレーザダイオードのしきい電流値の測定値、10Vの光出力パワーを発生するのに必要な駆動電流、およびその規定が実行された時のレーザダイオードの動作電流の色の測定値から成る。また不揮発性メモリのスロット348にはレーザ

ダイオードの駆動電流、動作電流および駆動パワーについての規定値が記憶されている。

レーザダイオード100が製造されたばかりの最初においてはEEPROM108はまた何のデータも有していない。

図8および図9において、レーザダイオードコントローラは、その電源が投入される度に、レーザダイオードにパワーを供給する前に電源投入シーケンスプログラム390に準拠して自動立ち上げシーケンスを実行する。この立ち上げシーケンスの間、フロントパネルのLEDが点灯し、レーザダイオードの立ち上げ処理が完了していることを示すようになっている。

コントローラは、電源から供給される電圧を監視することによって電源174の安定性をチェックし、その値が落ちるまで、それ以後の処理を行わずに待機する（ステップ400）。

もし、レーザダイオードが電子冷却装置（ステップ402）を具備した高性能レーザダイオードである場合には、コントローラは電子冷却装置の電源を投入し、レーザダイオード温度センサの測定範囲が、そのレーザダイオードに対して規定された目標温度に安定するまで待機する（404）。次に、コントローラは背面温度制御ルーチン404を実行して、レーザダイオードの温度が規定された値を維持するようにTBCの駆動電流を促る。好適な領域においては、温度制御ルーチンはTBCの駆動電流が、あらかじめ定められたTBCが破壊することなしにいつまでも動作することが可能なレベルよりも過大とならないように制御して、TBCの破壊を防ぐ。もし、TBCがレーザダイオードの温度を規定された目標温度近くに維持することができない場合には温度制御ルーチンによってコントローラは強制的に光出力パワーをあらかじめ定められた割合、例えば25%だけ低減させ、それによって熱の発生量を少なくして、レーザダイオードの寿命が短まってしまうのを防止する。あるいは、温度制御ルーチンは、よう過ぎた動作条件が再スタートされるまで単純にレーザダイオードサブシステムの作動を停止させる。

次にマイクロコントローラは不揮発性メモリ（EEPROM）108にアクセスしてそのメモリにキャリブレーション値が記憶されているかどうかを調べる（ステップ406）。もし、キャリブレーション値が記憶されていないとすれば

それにレーザダイオードを初めて電源投入することを要するので、次のステップに進んで先強度計が図4に示されたような物理的故障領域によってレーザダイオードの出力に結合されているかどうかを判定する（ステップ408）。この、先強度計が結合されているかどうかの判定は通信ポート200を介してメッセージを送ることによって行われる。もし、先強度計が正しく結合されている場合には、コンピュータ302から送られるメッセージが返されてくる。

もし、先強度計がレーザダイオードに結合されていない場合には、電源投入初期プログラムは後面ファセットダイオードのキャリブレーション値としてデフォルト値を用い、キャリブレーションステップ410は再び過される。デフォルト値として用いられるキャリブレーション値としては同じ種類のレーザダイオードおよびファットダイオードに対する「平均値」が採用される（412）。このようなことは許容できることではあるが、本発明のいくつかの実施例においては、もしレーザダイオードがまだキャリブレーションされていない場合には、先強度計が結合されてキャリブレーションが可能となるまでレーザダイオードの動作を行わないように、コントローラの立ち上げシーケンスプログラムが変更されている。

キャリブレーション（ステップ410）においては、先強度計の指示が光出力パワーがあらかじめ定められたレベル、例えば1μWに達するまでゆっくりとレーザダイオードの駆動電流を増加していく。典型的には、駆動電流は例えば10mAのような電流レベルから開始して非常にゆっくりと例えば1μW毎当たり1mAずつ増加していく。その際、駆動電流の最大上限を例えば60mAというように定めておく（もし必要ならば、監視調整を行った最大値を用いる）。先強度計からの信号が受信されると、駆動電流を一定値に保持し、その間に後面ファセットフォトダイオードの電流値を測定し、この測定値を不揮発性メモリ108のロケーション338にキャリブレーション値として保存する。こうして、後面ファセットフォトダイオード電流と前面ファセット光出力パワーとの比が定められる。もし、後面ファセットフォトダイオードが故障等である場合には、さらに測定を行って、後面ファセットフォトダイオード電流と前面光出力パワーとの間の関係を定値とする非線形方程式の係数を計算する。

次に、レーザダイオードのデバイス特性を測定するためのルーチンが呼び出さ

れる（ステップ414）。このルーチンを図8に示し、以下に説明を行う。このルーチンはレーザダイオードの光出力パワーを駆動電流のある範囲にわたって測定し、レーザダイオードの瞬時効率、しきい電流、およびあらかじめ定められた例えば10Vの光出力パワーを得るための駆動電流を算出する。

電源投入立ち上げシーケンスルーチンのステップ416において、レーザダイオードのしきい電流、あらかじめ定められた光出力パワーレベルに必要な駆動電流が、現在の動作電流とともにEEPROMの適切なロケーションに記憶される。もし、これがこのレーザダイオードの電源投入をする最初の動作であれば（これは、ロケーション332が空であるかどうかを調べることによって判定できる）、これらの値はロケーション332に記憶される。そうでない場合にはEEPROMのロケーション340に記憶される。

次に、ステップ418において、ステップ414で測定されたデバイス特性値があらかじめ定められた1組のデバイス故障判定基準と比較される。例えば、1つの好適な実施例においては、デバイスの故障判定基準はあらかじめ定められた光出力パワーを得るのに必要な駆動電流が、必要な温度修正を考慮に入れて合計（デバイスが新しくなったとき）の駆動電流よりも10%以上大きくなったことと定義される。この判定基準が成立した時には、デバイスの故障が差し迫っていると考えられるので、コントローラのフロントパネルの故障表示LED204が点灯し、また故障予報メッセージがコントローラの出力ポート300を介して送られる。

レーザダイオードがまだ故障していないものと仮定すると、コントローラによってレーザダイオードの駆動電流が通常の動作に必要なレベルまで増大される（ステップ420）。このレベルは通常はある特定の直流出力パワーレベルとして規定される。この必要駆動電流は、すでにステップ414において定められたレーザダイオードのしきい電流と瞬時効率とを用いて算出される。さらに、後面ファセットフォトダイオードを流れる電流を測定してその測定値をそのレーザダイオードに対するキャリブレーション値を用いてスケールアップすることによって出力パワーがチェックされ、その結果もし必要ならば駆動電流を調整する。すると、フロントパネルの「正常動作」を示すLEDが点灯し、「過電圧動作終了」メ

ッリンクがホストコンピュータ208に通信ポートを介して送られる。この「送信準備完了」メッセージによってホストコンピュータは、レーザダイオードに結合された光リンクが通信動作を行う準備ができたことを知ることができる。

レーザダイオードが通信動作を開始した後、ステップ414から419が間断的に（例えば動作時間10時間ごとに1回）反復実行されて（ステップ422）コントローラはレーザダイオードの動作性のモニタを行う。これらの周期的な検査チェックデータはEPRM218の通信モニタリングに送られ、ホストコンピュータ208が、この保存された検査データを検索・解析することができるようにする。

図9を参照する。レーザダイオードのデバイス特性の定期ルーチン（図8に示されたプログラムのステップ414において呼び出される）がステップ440において実行されて、LEDモードにおけるレーザダイオードの発出力パワーの微分特性の測定が行われる。これを行うために、レーザダイオードの駆動電圧は、最初の例えば5mAの低い値からゆっくりと増加されて10mA増加するごとに発出力パワーが測定されて、発出力パワーの微分（傾き）が算出される。また、発出力パワーはすでに述べたように背面ファセットフォトダイオードを用いて測定される。このシーケンスは、発出力パワーの微分値がレーザダイオードがレーザモードに入ったことを示すまで続けられる。

ステップ442において、レーザダイオードの駆動電圧は発出力パワーの測定を行いつつ、小さなきびきびと増大され、4点あるいはそれ以上の測定点において、実際にレーザダイオードがレーザ動作を行っていることを示す発出力パワーの微分値が測定値として得られるまでこの駆動電圧が続けられる。このときの発出力パワーの微分値は十分な通信動作速度におけるレーザダイオードの微分比率を渡している。

次に、ステップ444において、LEDモードにおける発出力パワーラインとレーザモードにおける発出力パワーラインとの交点を求めることによってレーザダイオードのしきい値が求められる。さらに、レーザモードにおけるレーザダイオードの微分比率を用いて、あらかじめ定められた発出力パワー、例えば1Wを得るのに必要な駆動電圧が算出される。

においては、光リンクへのデータ伝送の遅延にならないように、恒流駆動電圧の測定は、範囲内でのみ実施される。この測定値の範囲は恒流駆動電圧をわずかに、例えばすでに測定されているバイアス点に対して10%だけ変化させるだけで済み、これによってコントローラはレーザダイオードの微分比率を再計算することができる。またレーザモード特性と以前に測定されたLEDモードの特性曲線との交点を求めることによってしきい値を決定することができる（図2を参照）。あるいはさもなければ、他の実施形態では、定期的なセルフテストを実施する度にコントローラからメッセージをEPRM208ポート209を介してホストコンピュータ208に送り、データ伝送をセルフテストが終了するまで中断するように伝える。

全デュプレックスリンクの立ち上げ

全デュプレックスリンク（図8の全デュプレックスリンクを参照）に対する電源投入立ち上げシーケンスは少々異なっている。具体的には、レーザダイオードの駆動電圧を初期動作電圧まで増加させるステップである図8のステップ420が、全デュプレックスリンクの場合には図10に示したシーケンスステップに置き換えられる。

レーザダイオードは通常人間の目には見えない非常に高輝度のコヒーレント放射エネルギーを放出する。もしレーザダイオードの出力が眼に入ると目には損傷を与え、このエネルギーによって人間の目が傷つけられる。全デュプレックスリンクでは、レーザダイオードの通常の動作を開始する前にリンクが完全な状態にあることを本発明のデジタルコントローラを用いて保証することができる。

具体的には、立ち上げデバイス測定が実施され、さらに図8のステップ418が実行されたところで全デュプレックスリンクの電源投入立ち上げシーケンスプログラムは図10のステップ470に進む。ステップ470においては、レーザダイオードのデバイス電圧は、最初は出力が通常動作時のパワーよりもずっと小さくなるように、例えば通常動作パワーの10%（例えば、200mWの通常出力に対して20mW）に設定される。この最初の出力レベルは、図8に示されている2つのコントローラ302、313が全デュプレックスリンクの完全なテスト

コントローラを用いて事前にレーザダイオードのパッチについて製造業者が完全に行っている品質保証検査を再行するようにすることも可能である。通常はレーザダイオードが初めて電源投入されるときにのみ、さらに3つの品質保証検査が実施される。

もし、さらに品質保証検査が可能であれば（ステップ440）、ルーチンは、まず最初にすでに測定されたすべてのパラメータがあらかじめ定められた正常動作範囲内に入っていることをチェックする（ステップ448）。もし、正常範囲内に入っていない場合には「デバイス故障」のメッセージがホストコンピュータ208に送られ、フロントパネルにデバイス故障を示すLEDが点灯する（ステップ450）。

もし、最初の品質保証検査が通過した場合には（ステップ448）、ルーチンは次にレーザダイオードの線形性のチェックを行う。これはすでに測定された微分比率を用いて、通常動作範囲のすべてにわたる、例えば0.5mWから40mWの発出力パワーを算出するのに必要な電圧範囲内で、レーザダイオードの駆動電圧を段階的に増加することによって行われる。各々の駆動電圧に対して発出力パワーが背面ファセットフォトダイオードを用いて測定され、次にこれらの測定値のすべてが1次の直線上に乗るかどうかがチェックする（ステップ454）。この線形性のチェックは、最小自乗法を測定データに対して適用して測定データと最もよく合致する線を探し、さらにこの線から各測定点までの距離を求めることによって行われる。もし、この線から測定点までの距離があらかじめ定められた値よりも大きくなったとすれば、特に最大発出力パワーにおいてそうなったときは、ダイオードが損傷（例えばデータライン欠陥）を受けている可能性があり、デバイス故障メッセージがホストコンピュータ208に対して送られる（ステップ458）。もし、レーザダイオードの測定結果が線形性テストを通過したことを示している（454）、「デバイス良好」メッセージがホストコンピュータに対して送られる。

図8のステップ422に続いてレーザダイオードの特性の再測定を行う際に、レーザダイオードのLED動作モード特性はそのレーザダイオードの再命の開始とほとんど変化しないのでステップ440は省略される。さらに、好適な実施形態に

を行うのに十分な大きさになるように測定される。ここで指摘しておくべきことは、リンクは、たとえ数個の低い電圧のものであって、その光損失を予想可能な程度に小さくする（すなわち、発生された光が光ファイバー308または310を伝送するときに生じるパワーの損失を小さくする）ことが可能であるという点である。また、図8のコントローラ302、313は両方ともが既知電源投入立ち上げシーケンスルーチンを実行する。すなわち、図10のステップが2つのコントローラによってほぼ平行して実行される。

レーザダイオードを低出力レベルでパワー投入を行った後に、コントローラは受信ポート306で受信される光パワーの直線成分の測定を行う（ステップ472）。もし、リンクが完全なものであって、また他の一方のレーザダイオードの電源投入がなされていれば、完全なリンクに対応した十分に大きな光パワーが受信される（ステップ474）。もし、受信された光パワーが必要なレベルに達していないならば、このことはリンクが完全な状態ではないか、あるいは他の一方のレーザダイオードがまだ電源投入されていないかのどちらかであることを意味する。どちらの場合であっても、ルーチンは即時時間延長した後（ステップ478）、ステップ472および474を光リンクの状態が完全となるまで反復繰り返して実行する。

リンクが完全な状態となつてから、レーザダイオードの駆動電圧が通常動作に必要なレベルに達するまで増大される。過時保持した後、コントローラはさらに受信ポート306で受信される光パワーの直線成分を再度測定する。リンクの両方のデバイスが動作しているものと仮定し、もし、どちらかの受信値が規定の時間内に（典型的には100msec以内）動作全パワーを放出できていないときはシステムはステップ470にリセットされて、リンクの立ち上げ処理を再び開始する。

あるいは他の形態においては全デュプレックスリンクの最初の通常の際には全パワーの5%で出力リンクに送信を行い、入力リンクに基準レベル以上の信号が受信されると、次に最初のレベルからはわずかに高く、かつ全パワーよりはずっと小さい例えば全パワーの10%のレベルまで増大される。このとき、もし入力リンクの受信光強度も同様の量で増大したならば、出力リンクは完全な状態

になつてゐるので出力リンクを全パワーまで増大してデータ伝送を行うことが可能である。この実施態様による手帳では全デュプレックスリンクの両方のリンクの完全性が確実に確保されるまでは全パワーでの伝送は行ないない。

またコントローラは、あらかじめ定められた「理想的な」受信全パワーレベルと実際に受信された伝送全パワーレベルとの比を算出する。ここで留意すべきことは、通常動作時の出力パワーを単純な増大と、レーザダイオードの有効寿命はおよそ倍に長くなるという点である。従つて、「理想的な」受信全パワーは典型的には比較的低パワーレベル例えば0.75Wに設定される。いずれにせよ、算出された比はコントローラによって先リンクを介して送られる。このようなメッセージを送信することの目的は、リンクの他の一方の側のコントローラにそのレーザダイオードの先出力をどのように調整すべきかを知らせるためである。ほとんどの状況においては、こうすることによってコントローラはこのような手帳を用いた場合と比較して非常に低い先出力パワーで伝送することが可能になる。従つて、使用するレーザダイオードの寿命を延長することができる。この手法を用いるとこの手法を用いないときと比較して先出力パワーが小さいという明白は、このようなパワー調整を行わないシステムでは「最悪の場合」においても対応することができるようになる。従つて、そのようなシステムでは、通常の場合ほとんどの場合においてリンクが断線にはならず、先出力レベルで正しく伝送できるとしても、いろいろな環境・運用条件下においてリンクが動作できるように、十分に大きな先出力パワーを発生しておく必要がある。

1つの好適な実施態様においては、このような伝送はレーザダイオードの伝送レベルを10あるいは20ビット/秒のような比較的遅い速度で調整する（すなわち、図3に示されたライン178の信号を生成する）ことによって実施される。すべてのメッセージは高々16ビット程度の長さしか必要でない（例えば5ビットの同期ビットと、8ビットの比の値、それに3ビットのエラー修正符号）。このように遅いデータ伝送速度を用いていても、このプロセスは高々1秒程度の低待機しか必要としない。データ伝送をこのように遅い速度で行う理由は、レーザダイオードがすでに説明したような比較的長い待機時間を有するRC回路178

び伝送全エネルギーの一部をファイバーの接続部分から漏れ出るようにすることによって比較的容易に監視することが可能である。ファイバーの通された部分から漏れ出てくる光は極めて微弱な光および電子光増量を用いて検出することが可能であり、こうして伝送データの完全性が保たれることになる。本発明によるコントローラは、いったん先リンクの完全性が確保された後において、受信全パワーの減少を検出するようにプログラムすることが可能である。例えば、すでに確立された受信全パワーレベルと比較して5%以上の減少を検出するすぐにコントローラをプログラムしておき、そのような変動が検出されたときにはメッセージをホストコンピュータに対して送るようになることができる。このメッセージによってシステムモニタに先リンクの完全性が保たれたかもしれないことを知らせる。

ユーザインターフェース

図3および11を参照する。コントローラのソフトウェアの1つとしてユーザインターフェースルーチン312があり、このルーチンによってユーザはホストコンピュータ20を介してコントローラの状態情報にアクセスし、コントローラの不揮発性メモリ166に記憶されているデータを見ることが出来る。また先出力パワー（すなわち、レーザが発生すべき先出力パワーが何であるか）、また、もし電子冷却装置と結合されている場合にはレーザダイオードの温度、および伝送信号の高レベルパワーを制御するためのアテネータの位置、などの各種のパラメータをセッティングあるいはリセットすることができる。

図11はユーザインターフェースルーチン312がホストコンピュータの表示装置上に表示した表示画面を示したものであり、レーザダイオードのパラメータを変更するために用いられるコマンドが表示されている。表示された“X.X.X”の値はA/DおよびD/A変換器のカウント値を反映することによって算出された測定値である。表示された“Z.Z.Z”の値はA/D変換器の生データ値であり、“Y.Y.Y”の値はD/A変換器の生データ値である。表示された“S.S.S”の値は、6秒の単位で表した先出力パワーおよび高レベル伝送パワーと、従来の単位で表した速度についての測定値である。

図2に示された領域内の表示項目はキーボードからCTRL+Dのコマンドを

を通じて実際に電流調節を起すことを防止する必要からである。

他の実施態様においては、このような伝送は、マルチプレックス102を用いてデータを送ることによって実施される。こうすることによって、もっとずっと高速度の例えば100Mbit/sでデータ伝送を行うことができる。しかしながら、この実施態様においては、コントローラはどのようなメッセージを受信するためのデータ受信回路（図示せず）を受信チャンネルに対していないことが必要であり、コントローラはかなり高価なものとなる。

前述の実施態様においては、伝送パワーの調節が必要でない場合における伝送比率が100と定義される。伝送比率が100以上である場合には、Xを伝送比率を100で割った値であるとするとき出力パワーをX%だけ増大する必要が有る。値が100以下である場合には先出力パワーを減少させる必要があり、理想的な先出力パワーは現在の出力パワーをX%倍してさらに100で割った値である。

いずれにせよ、コントローラがパワー比率メッセージをリンクを介して送信しているとき、これとほとんど同時にリンクの他方の側のコントローラも同じことを行っている。従つて、コントローラは出力パワー比率に関する対称的なメッセージをリンクの他方の側のレーザダイオードコントローラから受信する（ステップ44）。すると、コントローラは受信したパワー比率に応じてその出力パワーを以下のように調節する。

新たなパワーレベル（前のパワーレベル）×X/100

さらに、コントローラの伝送データアテネータ184の制御機構を保持に行い、データ伝送の速度の値がほぼ以前の値と同じになるようにされる。

この時点で、リンクの両方の側のコントローラは、両方ともリンクを介してデータ伝送を行うことが可能な状態となる。

最後にコントローラは受信された信号の受信成分の振幅の放電率をモニタしながら、検出された信号が受信されるのを待っている。いったん、伝送が開始されるとコントローラは受信した信号の受信成分の伝送の速度を行い、もし必要ならば受信チャンネルの増幅器22の利得を調節して確実にデータ伝送ができるようにする（ステップ183）。

先リンクを介して伝送されるデータの増減速度に関しては、先パワーを倍

入力することによってオプションとして表示することが可能な項目である。この領域内のいくつかのパラメータは、表示の下半分のメインメニューの中の「メニュー1」を選択し、表示されている値を図11に示されているコマンドを用いて増減させることによって変更することが可能である。

表示装置に表示されている3つの設定点はメインメニューの中の「設定点調節」を選択し図11に示されたコマンドを用いてユーザが設定点を増減することによって変更することができる。

メインメニューの中のサブコマンドを選択すると、図示されていない新たな表示画面が現れて、デバイスの印刷電圧、およびEEPROMに記憶されているデータの値が表示され、ユーザはレーザダイオードの初期立ち上げデータを見ることが出来る。このようにサブコマンドは金として製造業者が新しいレーザダイオードの最初のテストを行う際、およびレーザダイオードが故障テスト中に故障してしまったり、古くなったりあるいはその他の理由で機能しなくなつてしまったときの後処理のために用いられる。

その他の実施例

ここである種のレーザダイオードでは、後面ファセットはアルミニウムなどの反射性材料で被覆されており後面ファセットをデバイスの先出力パワーのモニタのために用いることが不可能であることを指摘しておくことは重要である。このようなレーザダイオードでは、前面ファセットからレーザダイオードのパワーの一部を分岐させてモニタ用フォトリソダイオードに供給する。典型的にはビームスプリッタを前面ファセットに接続するあるいはその近傍に置いてフォトリソダイオードに結合させ、レーザダイオードの先出力の一部を分岐して供給する。このようなレーザダイオードとフォトリソダイオードの構成は典型的には先の好適な実施例による伝送と等価である。従つて、「後面ファセットダイオード」という用語はさらに一般に「レーザダイオードの先出力パワーをモニタするためのフォトリソダイオード」と解釈されるべきものである。

図11を参照する。発行者が提供するリンクの他の構成方法は1つのデジタルコントローラを用いて複数のレーザダイオードの動作およびその他の動作パラメータの制御を行う方法である。例えば、1つのレーザダイオードを用いて、

赤、緑、黄、はより高価なものを採用するのに用いるチャンネルを省くことで廉価なチャンネルを介してコンピュータとラダーモックとの間のリンクすることができる。1つのコントローラで多数のレーザダイオードに対して用いることができるのは、レーザダイオードを立ち上げてモックするソフトウェアの実行は各1つのレーザダイオードに対しては非常に短時間しか必要としないからであり、また不揮発性メモリに記憶すべきデータ量は、1つのレーザダイオード面に対しては通常は1つのEEPROMデバイスのメモリ容量と比較してあるいはマイクロコントローラ上に移植されたEEPROMと比較してきてもはるかに少ないからである。

以上に、本税明をいくつかの具体例で実例について説明したが、これらの記述は単に本税明の転写のためのものであって、本税明がこれらのみに限定されるわけではない。当業省によってはいくつかの異なる税明が付付の請求範囲に定義された不規則の真の精神と範囲とを逸脱することなく可能であることは明らかであろう。

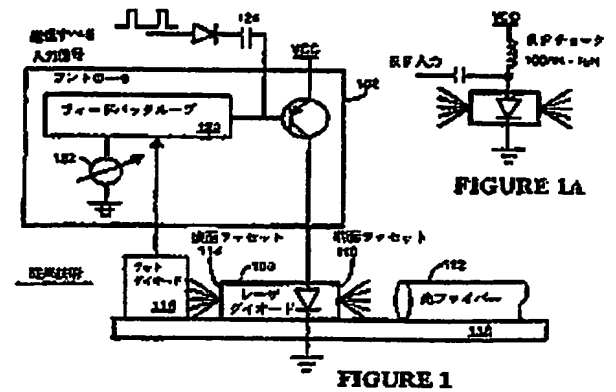


FIGURE 1

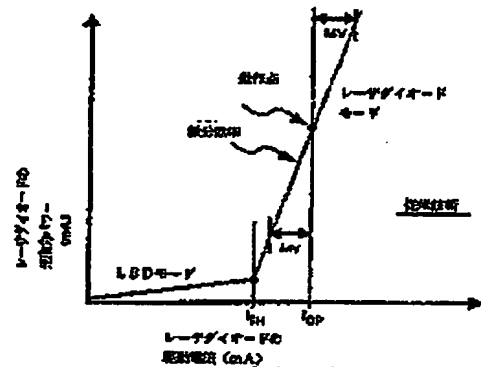


FIGURE 2

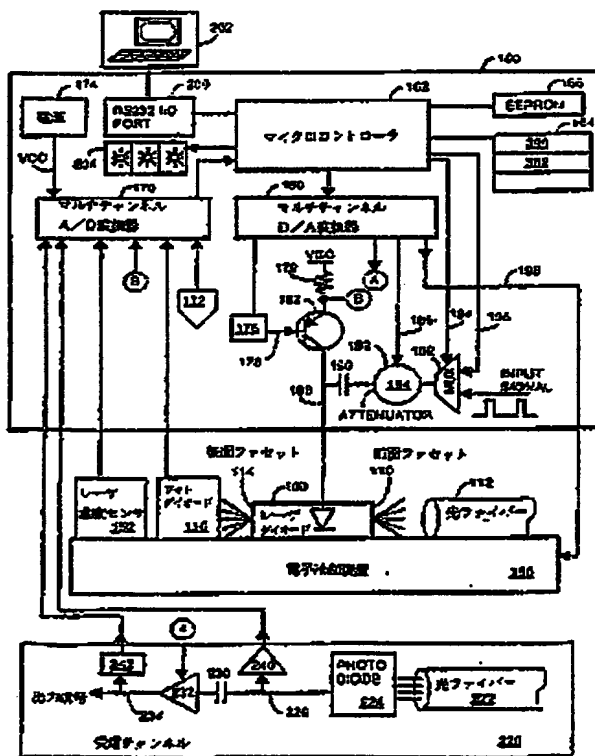


FIGURE 3

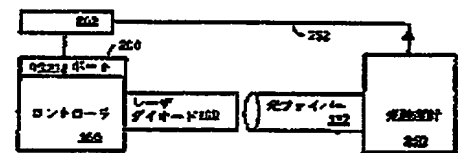


FIGURE 4

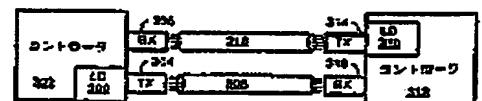


FIGURE 5

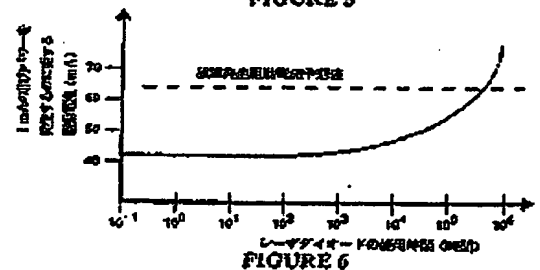
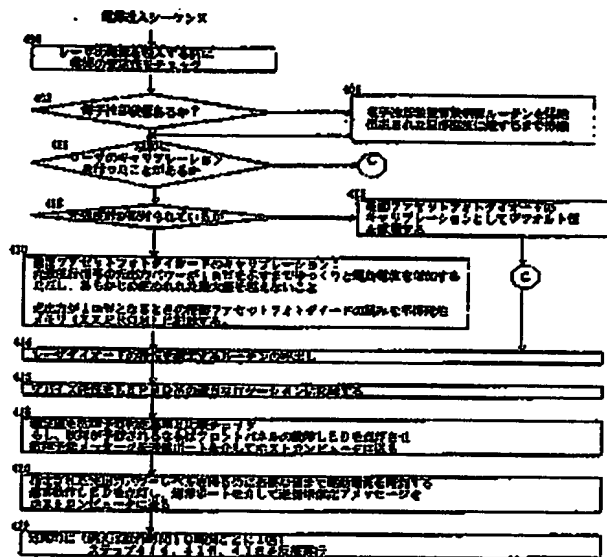


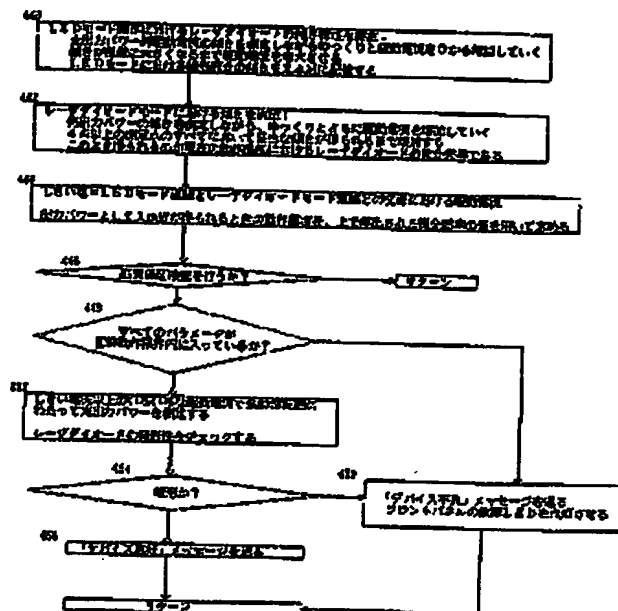
FIGURE 6

[illegible]

FIGURE 7



40



ଉତ୍ତର

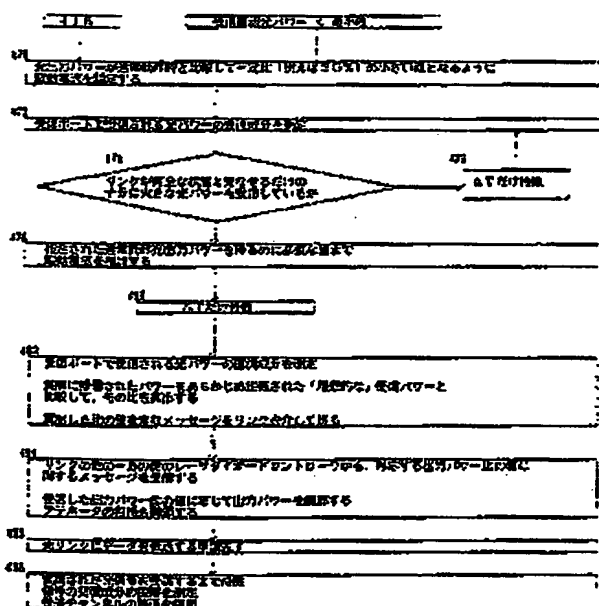
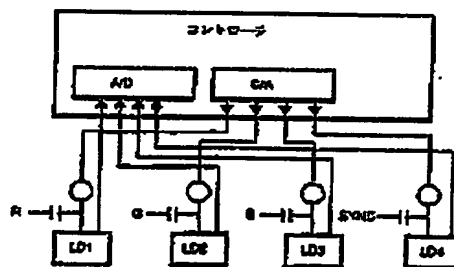


图 10

	英	ローマ字	漢字	ローマ字	漢字
アール・ウェル (M.A.)	XXXX	XXXX	アール・ウェル	XXXX	アール・ウェル
アール・ウェル (M.A.)	XXXX	XXXX	アール・ウェル	XXXX	アール・ウェル
アール・ウェル	XXXX	XXXX	アール・ウェル	XXXX	アール・ウェル
アール・ウェル (C)	XXXX	XXXX	アール・ウェル	XXXX	アール・ウェル
D.C. (C)	XXXX	XXXX	D.C. (C)	XXXX	D.C. (C)
T.E.C.	XXXX	XXXX	T.E.C.	XXXX	T.E.C.
R.F. (C)	XXXX	XXXX	R.F. (C)	XXXX	R.F. (C)
アール・ウェル (C)	XXXX	XXXX	アール・ウェル	XXXX	アール・ウェル

FIGURE 11

**FIGURE 12**

DC 11-29-71

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☒ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.